

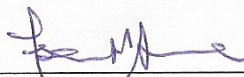
**Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**CONTROLES AMBIENTAIS EM INDÚSTRIA DE BLOCOS DE  
POLIURETANO PARA A PRODUÇÃO DE PRANCHAS DE SURFE**

**Guilherme Franklin de Oliveira**

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte  
dos requisitos para Conclusão do Curso de Graduação  
em Engenharia Sanitária e Ambiental – TCC II.**

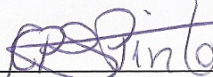
**BANCA EXAMINADORA:**



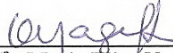
**Prof. Fernando Soares Pinto Sant'Anna, Dr.  
(Orientador)**



**Profª. Maria Ángeles Lobo Recio, Drª.  
(Co-orientadora)**



**Profª. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto, Drª.  
(Membro da Banca)**



**Profª. Maria Eliza Nagel Hassemer, Drª.  
(Membro da Banca)**

**FLORIANÓPOLIS (SC),  
DEZEMBRO/2010**

## **AGRADECIMENTOS**

Chegar ao final de um curso tem um significado especial para mim. É um sentimento novo o de concluir algo muito desejado por mim e, nesse caso, também pelos que mais me amam. Chegar ao fim de uma vida dentro da universidade, pensar que pode não ser o fim dessa vida, e estar satisfeito com tudo o que me foi dado até aqui. Tudo o que me foi dado, em muitos casos, livremente. Meu Poder Superior me orientou e deu a força necessária. Sem a doação das outras pessoas eu não teria chegado onde estou. Provavelmente não estaria nem vivo. Sabem, é complicado começar a listar os nomes das pessoas pelas quais sou grato por estar me formando. Provavelmente eu esqueceria muitos nomes e a lista seria maior do que o trabalho que vem a seguir. Todavia, alguns nomes precisam ser escritos, visto que foram, sem dúvida, fundamentais. São os meus familiares. Minha mãe, Silvia. Meu pai, Jaime. Meu irmão Lucas. Meu avô Viltus, que faleceu a menos de dois anos. Minha avó, Catharina Edy. Meus tios Geraldo e Maria Clara. Estes familiares são os mais próximos. Estavam bem perto de mim ao longo dos últimos anos. Os amigos são muitos, graças a Deus! Prefiro não citar nomes porque seria injusto. Os mais chegados sabem que fizeram parte dessa vitória. Sou grato aos professores, que dedicaram seus esforços na minha educação. Gostaria de agradecer em especial aos meus orientadores, Professor Fernando Sant'Anna e Professora Maria Angeles. Todos os professores do curso fazem parte disso e sou grato a eles por me proporcionarem esse crescimento.

Obrigado!

## **RESUMO**

O presente trabalho apresenta um sistema de controles ambientais para uma indústria de blocos de poliuretano para a produção de pranchas de surfe. Durante as visitas a uma empresa do setor foram feitos levantamentos do processo industrial, conhecendo-se em detalhes suas entradas e saídas, possibilitando a elaboração de um fluxograma deste processo. De posse destas informações, foi desenvolvido um programa de Produção mais Limpa (P+L) para o processo industrial levantado, propondo medidas esperando-se reduzir o consumo de matérias primas e de energia, eliminando o consumo de materiais tóxicos. Simultaneamente foi feita uma pesquisa dos padrões aceitáveis de efluentes na legislação municipal, estadual e federal, de forma a analisar as exigências de controle ambiental, esperando-se reduzir as infrações aos padrões ambientais e melhorar o relacionamento com os órgãos ambientais. Finalmente foram identificadas as opções de tratamento dos efluentes e destinação dos resíduos sólidos gerados, para a definição do mais adequado à atividade em estudo, esperando-se reduzir a poluição e contaminação ambiental da indústria.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Bloco de Poliuretano, Produção Mais Limpa, Tratamento de Efluentes, Destinação de Resíduos Sólidos.

## **ABSTRACT**

This paper presents a system of environmental controls for the polyurethane blanks industry for the production of surfboards. During visits to a company in this sector surveys were made of the industrial process, knowing in detail the inputs and outputs, allowing the preparation of a flowchart of this process. With such information, a Cleaner Production (CP) program was developed for the industrial process that was studied, proposing measures expecting to reduce the consumption of raw materials and energy, eliminating the use of toxic materials. Also were made a research of acceptable standards in the legislation for pollution controls in the city, state and country in order to analyze the requirements for control, with expecting to reduce violations to environmental standards and improve relationships with environmental agencies. Finally was identified the effluent treatment options and disposal of solid waste generated, to define the most appropriate to the activity under study, hoping reduce pollution and environmental contamination by the industry.

## **KEYWORDS**

Polyurethane Blank, Cleaner Production, Wastewater Treatment, Solid Waste Disposal.

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	2
RESUMO .....	3
PALAVRAS-CHAVE.....	3
ABSTRACT .....	4
KEYWORDS.....	4
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. OBJETIVO GERAL.....	7
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
4. FINALIDADE .....	7
5. JUSTIFICATIVA .....	7
6. IMPORTÂNCIA.....	7
7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	8
7.1 POLÍMEROS .....	8
POLIURETANOS .....	8
7.2 PRANCHAS DE SURFE.....	13
7.3 PRODUÇÃO MAIS LIMPA.....	17
7.4 TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	18
8. METODOLOGIA.....	18
9. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
9.1 PROCESSO INDUSTRIAL.....	20
9.2 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL .....	39
9.3 PRODUÇÃO MAIS LIMPA – MEDIDAS DE P+L.....	44
9.4 TRATAMENTO ADEQUADO DE EFLUENTES E RESÍDUOS.....	46
10. CONCLUSÕES .....	47
11. BIBLIOGRAFIA.....	50

## 1. INTRODUÇÃO

Em algum momento da história o ser humano começou a mudar seu relacionamento consigo próprio e com o ambiente em que estava inserido. A motivação do homem passou a desconsiderar as emoções mais sutis, valorizando a razão e a vontade egocêntrica. A separação entre “*o mitos e o logos*”, entre razão e emoção, moldou o pensamento humano, ou foi moldada por este, causando efeitos bastante objetivos. As conseqüências do padrão de pensamento que foi sendo formado ao longo do tempo são vividas hoje. Se por um lado avançamos tecnologicamente, facilitando nossas atividades no dia-a-dia, por outro lado regredimos socialmente, aumentando a miséria e a desigualdade. O tipo de desenvolvimento a que fomos alcançando tem alguns efeitos colaterais que podem ser observados facilmente. Algumas civilizações chegaram inclusive a colapsar. Isto foi devido às suas crenças e à sua relação desarmoniosa com a natureza. Foi o caso dos maias, que eram nativos americanos, e dos polinésios que viviam na ilha de Páscoa (DIAMOND, 2007). Será que nossa civilização está no mesmo caminho?

O nosso modo de organização econômica, social, ambiental, enfim, o desenvolvimento a que nos dispomos, ou que foi-nos imposto, levou-nos ao caminho da industrialização. A industrialização explodiu na Inglaterra e a partir daí, foi tomando conta de todo o mundo. À medida que a quantidade de indústrias foi crescendo a poluição causada por estas tomou proporções globais. Dentre os inúmeros ramos industriais, podemos destacar o crescimento da fabricação de plásticos nas últimas três décadas. Talvez no futuro nossos descendentes se refiram a nossa época como a era dos plásticos. E talvez essa era também seja conhecida como a época na qual o meio ambiente foi mais degradado.

O presente estudo trata de definir controles ambientais para um ramo especial da indústria química, a produção de blocos de poliuretano para pranchas de surfe. Um ramo que há pouco tempo ainda utilizava clorofluorcarbonetos (CFC's) como agentes de expansão das suas espumas. O uso e a emissão desse composto são a principal causa do recente aumento do cloro estratosférico e conseqüentemente do aumento do buraco na camada de ozônio. A depleção do ozônio estratosférico tem como resultado a chegada de uma maior quantidade de luz UV à superfície da terra, pondo em risco a vida na forma em que nós a conhecemos (BAIRD, 2002). Como há necessidade de se controlar os impactos ambientais gerados pela indústria de blocos de poliuretano,

espera-se que as informações contidas neste trabalho possam, de alguma forma, contribuir para que esse setor industrial se adeque à legislação vigente e às normas técnicas de certificação do correto desempenho ambiental.

## **2. OBJETIVO GERAL**

Este trabalho tem como objetivo geral a definição de controles ambientais em uma indústria de blocos de poliuretano para a produção de pranchas de surfe.

## **3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- a) Fazer o levantamento dos processos industriais em uma fábrica de blocos de poliuretano para a produção de pranchas de surfe;
- b) Analisar as exigências de controle ambiental de acordo com a legislação cabível;
- c) Propor medidas de Produção mais Limpa (P+L) para o processo industrial levantado;
- d) Definir o tratamento de efluentes e a destinação de resíduos sólidos mais adequados à atividade em estudo.

## **4. FINALIDADE**

A finalidade deste trabalho é aumentar a eficiência ambiental de uma indústria de blocos de poliuretano para a produção de pranchas de surfe, reduzindo riscos aos seres humanos e ao meio ambiente, de forma a equilibrar a proteção ambiental e a prevenção da poluição com as necessidades socioeconômicas.

## **5. JUSTIFICATIVA**

O trabalho justifica-se pela importância de se melhorar o desempenho ambiental das indústrias de blocos de poliuretano, de forma que esse setor industrial tenha mais facilidade em se adequar à legislação vigente e possa, ao mesmo tempo, reduzir seus custos.

## **6. IMPORTÂNCIA**

Esse trabalho é importante por buscar melhorar a qualidade ambiental e reduzir os custos de produção da indústria de blocos de poliuretano para pranchas de surfe, além de proporcionar a este autor um bom conhecimento na área de polímeros.

## **7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **7.1 POLÍMEROS**

Segundo Mano (2000), desde o começo de sua existência, o ser humano faz trabalhos de engenharia cada vez mais complexos, seja para garantir a segurança do seu abrigo, para proporcionar conforto para si e seus iguais, protegendo-se dos perigos e das intempéries.

O material de engenharia utilizado primeiramente pelo ser humano foi a madeira. Em seguida usou-se a pedra, depois os metais, a cerâmica, o vidro, e então os polímeros. Esta evolução pode ser acompanhada através das Idades da Pedra, dos Metais, Antiga, Média, Moderna e Contemporânea.

Um fato ocorrido no começo do século XX marcou profundamente a história da humanidade. Provou-se que alguns materiais, produzidos pela Química do final de século e considerados como colóides, eram na realidade moléculas gigantescas, que podiam resultar do encadeamento de 10.000 ou mais átomos de carbono. Estas moléculas foram denominadas polímeros (do grego, “muitas partes”), por apresentar repetição de pequenas unidades estruturais em sua longa cadeia principal.

Mano & Mendes (1997) explicaram que quando as moléculas se tornam muito grandes, podendo alcançar um valor ilimitado de átomos encadeados, as suas propriedades recebem aspectos próprios, resultantes de interações relacionando segmentos intra ou intermoleculares. Estas características são muito mais marcantes do que aquelas que resultam da natureza química dos átomos ou dos grupamentos funcionais presentes. As macromoléculas são encontradas tanto em produtos de origem natural quanto sintética.

Existem três tipos de reação através das quais se produz um polímero: a poliadição, a policondensation e a modificação química de outro polímero. A técnica de preparação varia de acordo com a natureza química do monômero, o tipo de reação visada e a aplicação do polímero.

### **POLIURETANOS**

De acordo com Mano (2000), os poliuretanos, normalmente abreviados por PU, são polímeros industriais resultantes de reações de policondensation. São usados dois monômeros: um diisocianato e um diol. Neste tipo de reação há formação de subprodutos, que necessitam ser retirados do meio reacional. Os pesos moleculares ficam geralmente



na ordem de  $10^4$ , sendo menores que os pesos dos polímeros obtidos por poliadição. A figura 1 é um exemplo de síntese de um poliuretano:

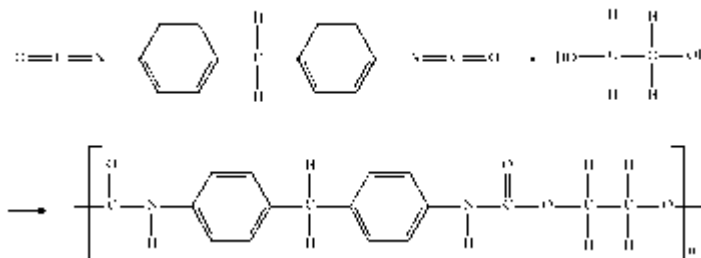


Figura 1: Síntese de um poliuretano.

A figura 2 ilustra a reação de formação de um poliuretano:



Figura 2: Reação de formação de um poliuretano.

Fonte: <http://www.comercialfiberglass.com.br/produtos.htm>

Os poliuretanos podem ser termoplásticos ou termorrígidos, de acordo com a funcionalidade dos monômeros, além de se usar ou não agentes de cura. Algumas das suas propriedades marcantes são a excepcional resistência a abrasão e a facilidade de fabricação de peças de grandes dimensões e formas.

Os monômeros que sintetizam os poliuretanos são produtos petroquímicos. A obtenção dos subprodutos do petróleo é baseada no ponto de ebulição dos hidrocarbonetos, separando-se a fração desejada (GRIJÓ, 2004).

O conhecimento sobre os poliuretanos têm se desenvolvido rapidamente, após o descobrimento fundamental de Wurtz, em 1848, de que uretanos podem ser formados pela reação de isocianato com um álcool (SHREVE, 1980). O desenvolvimento comercial dos poliuretanos

foi iniciado na Alemanha, com a fabricação de espumas rígidas, adesivos e tintas, no final da década de 30. Na década de 40, foram criados elastômeros de PU's na Alemanha e na Inglaterra. O grande desenvolvimento comercial dos PU's em espumas flexíveis foi registrado durante a década de 50. A partir de 1960, o PU foi empregado como isolante térmico devido ao uso de clorofluorcarbonetos (CFC's) como agente de expansão das espumas rígidas. As espumas semi-rígidas revestidas com materiais termoplásticos foram amplamente utilizadas na indústria automobilística, nos anos 70. A moldagem por injeção e reação (RIM) impulsionou os estudos das relações entre estrutura, moléculas e propriedade dos PU's, na década de 80. Em 1987, diversas nações, inclusive o Brasil, assinaram o Protocolo de Montreal, se comprometendo a eliminar completamente os clorofluorcarbonetos até janeiro de 2010. E a partir da década de 90, foram realizadas pesquisas para a substituição dos CFC's, considerados danosos à camada de ozônio terrestre, pelos HCFC's (clorofluorcarbonetos hidrogenados), que minimizaram consideravelmente este impacto ambiental, em função da progressiva preocupação com o meio ambiente, conforme explica VILAR (1999). A demanda mundial de PU por região do planeta é apresentada pela tabela 1:

Tabela 1: Demanda Mundial de PU (1995)

<b>Região do Planeta</b>	<b>Consumo Percentual de Poliuretano</b>
América do Norte	31%
Oeste Europeu	29%
Extremo Oriente	18%
América Latina	8%
Japão	7%
Centro-Leste Africano	5%
Leste Europeu	2%

Fonte: VILAR, W.D. *Química e tecnologia dos Poliuretanos*, 1999.

Os poliuretanos são mais usados para a produção de espumas flexíveis e fibras elásticas, resultados da mistura de diisocianato com poliéster contendo tanto hidroxila livre quanto grupos carboxila. Esta reação é extremamente rápida, com a geração de gás que serve para expandir a massa, formando as espumas, tanto duras quanto moles, conforme os reagentes e as condições empregadas. Mais gás pode ser adicionado para se regular a densidade da espuma. Estes materiais são

usados em estofados, colchões, isolamento térmico, amortecimento de vibrações e outras aplicações antes restritas às espumas de borracha. É extraordinária a resistência à tração e à abrasão dos poliuretanos. Tanto as espumas rígidas quanto as flexíveis têm encontrado dificuldades em algumas aplicações devido a sua alta inflamabilidade (SHREVE, 1980). O consumo de poliuretano por segmento industrial é apresentado na tabela 2:

Tabela 2: Consumo Mundial de PU por segmento (1995)

<b>Segmento Industrial</b>	<b>Consumo Percentual Mundial</b>
Estofados	30%
Automotivo	16%
Construção Civil	15%
Isolamento Termo-Acústico	10%
Revestimentos	8%
Calçados	3%
Outros	18%

Fonte: VILAR, W.D. *Química e tecnologia dos Poliuretanos*, 1999.

Segundo Grijó (2004), para a produção dos poliuretanos celulares são usados agentes de expansão, além dos isocianatos, polióis e demais aditivos. Os agentes mais utilizados são a água, que age conduzindo os cianatos liberando gás carbônico e os CFC'S, que são volatilizados pelo calor emanado durante a reação de síntese dos PU's. Devido aos problemas ambientais gerados pelo uso dos CFC's algumas alternativas para a expansão da massa vêm sendo estudadas. As alternativas de agente de expansão mais utilizadas são: os clorofluorcarbonetos hidrogenados (HCFC's); o ácido fórmico; os hidrocarbonetos perfluorados (HFC's); o pentano; o gás carbônico; o nitrogênio, entre outros. A toxicidade dos HCFC's ainda está sendo estudada, porém, estudos preliminares os consideraram 95% menos nocivos ao meio ambiente do que os CFC's.

O uso de pentanos (n-pentano, iso-pentano e ciclopentano), além de hidrocarbonetos perfluorados (HFC's) [HFC-245a (CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H) e perfluorhexano] estão sendo testado como alternativa menos danosa ao meio ambiente do que o uso dos HCFC's. Nas diversas regiões do mundo, a troca dos CFC's por outros agentes de expansão têm ocorrido de forma diferenciada. Na Europa e no Japão, o CFC-11 tem sido substituído pelo HCFC-141b ou n/iso-pentanos na construção civil. Nos EUA, a principal alternativa é o HCFC-141b por conta das

incertezas acerca das propriedades, conseqüências ambientais e alta inflamabilidade da espuma rígida sintetizada com pentanos. Na América Latina, Oriente Médio, África e Ásia o CFC-11 ainda era amplamente utilizado até pouco tempo atrás, contudo o seu uso tende a ser completamente eliminado.

As espumas rígidas de poliuretano representam a segunda maior fatia do mercado de PU's, atrás das espumas flexíveis. Da década de 60, até o ano de 1996 este mercado representou 25% do consumo mundial de PU's, atingindo a cifra de 1,7 milhões de toneladas.

As espumas rígidas podem ser fabricadas por *spray*, derramamento, entre outras técnicas. Tais métodos são empregados para a fabricação de painéis isolantes para pisos e divisórias, material para embalagem, e produção de *plugs* (matéria prima básica para a produção de pranchas de surfe). Esse tipo de poliuretano possui uma estrutura altamente reticulada, com células fechadas. São fabricadas desde densidade baixas (10 kg/m<sup>3</sup>) até altíssimas densidades (1100 kg/m<sup>3</sup>).

A fim de se modificar as propriedades finais das espumas de poliuretano podem ser adicionados outros produtos químicos, além dos ingredientes fundamentais que são os diisocianatos e os diois. Os aditivos podem ser catalisadores, inibidores, surfactantes, extensores de cadeia, agentes de expansão, agentes antienvelhecimento, desmoldantes, pigmentos e retardantes de chamas.

Durante a formação dos poliuretanos ocorrem duas reações principais: a gelificação e a reação do isocianato com a água. Na primeira o poliálcool polifuncional reage com o isocianato produzindo a ligação uretânica. Na segunda são formados grupos uréia e gás carbônico que age expandindo a espuma (figura 3).

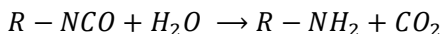


Figura 3: Reação do isocianato com a água.

A expansão da massa polimérica cessa cerca de seis minutos após o início da reação. Isso se dá quando a temperatura atinge de 50 a 70% do seu nível máximo. É necessária ainda a cura do polímero antes da desmoldagem, por um tempo de setenta e duas horas após a moldagem.

Os poliuretanos podem ser reciclados. Existem três principais métodos de reciclagem: a mecânica, a química e a termo-prensagem. Também é possível realizar a incineração de PU com a recuperação da energia.

A saúde e a segurança das pessoas que trabalham na produção de poliuretanos devem ser cuidadosamente consideradas, já que a exposição às matérias primas, como os isocianatos, as aminas e os solventes pode ser nociva. As partículas de pó de PU que entram nos pulmões são consideradas cancerígenas, havendo registros de casos de câncer de pulmão em pessoas submetidas à intensa exposição.

## 7.2 PRANCHAS DE SURFE

O surfe é uma prática antiga, cuja origem é discutida por historiadores de todo o mundo. Existem algumas teorias que procuram descrever a época em que civilizações primitivas como os polinésios e os nativos americanos começaram a deslizar sobre as ondas em cima de troncos de árvores ou barcos de palha. Foi somente a partir do século XX que as pranchas passaram a ser ocas, ainda de madeira, mas com uma novidade que ajudou o surfista a ter mais direção: a quilha.

A partir de 1940 as pranchas passaram a ser feitas com madeira de balsa e fibra de vidro, ficando mais leves. Em 1958 começou-se a usar a combinação da resina de poliéster com o bloco de poliuretano e a fibra de vidro. Na década de 80 testou-se a espuma de polipropileno. Em 1986 a combinação foi de resina epóxi com bloco de isopor (EPS) e fibra de carbono. Na virada do século XI foram desenvolvidas pranchas de fibras de bambu e cânhamo. A figura 4 ilustra a evolução das pranchas de surfe desde antes do ano de 1778 até os dias de hoje:

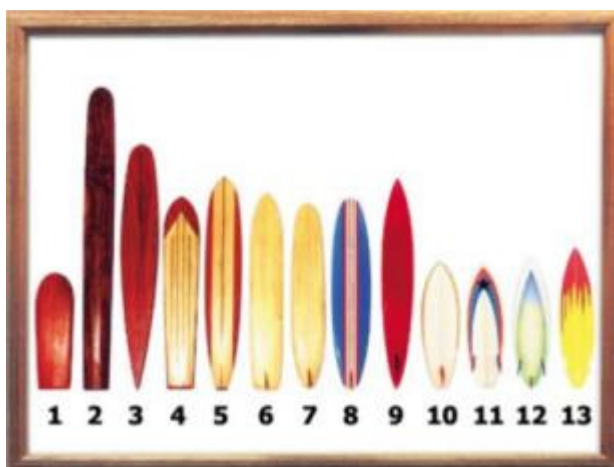


Figura 4: Evolução das pranchas de surfe desde antes do ano de 1778 até 2010.

Segundo Grijó (2004), os blocos de poliuretano destinados à produção de pranchas de surfe são formados pela reação do tolueno diisocianato (TDI) com o poliol poliéter. Este último com alto teor de hidroxilas e funcionalidade elevada, igual ou superior a quatro. Quanto mais se eleva a funcionalidade e o número de hidroxilas, mais se aumenta a viscosidade do poliol e dessa maneira diminui-se sua compatibilidade com os CFC's, HCFC's e pentanos utilizados como agentes de expansão. Estes polióis apresentam melhores propriedades de combustão e estabilidade térmica do que os polióis poliésteres aromáticos.

As espumas de poliuretano destinadas à fabricação das pranchas são termorrígidas, não são fusíveis, apesar de serem mais dúcteis do que quebradiças. As suas propriedades mecânicas variam de acordo com a densidade, processo fabril e estrutura celular. Os ensaios avaliam esforços de compressão, tração, rasgo e flexibilidade. Abaixo (figura 5) são mostrados blocos de poliuretano para a produção de pranchas de surfe:



Figura 5: Blocos de poliuretano para a produção de pranchas de surfe.

Fonte: [www.prowall.com/surf\\_blanks.htm](http://www.prowall.com/surf_blanks.htm)

Os resultados de testes de compressão e flexibilidade em blocos de poliuretano da marca australiana South Coast Foam ilustram a discussão anterior. Os ensaios foram realizados na parte central do bloco, pois nesta região a densidade é mais consistente. Três tipos de

espumas foram testados. São apresentados os valores obtidos no teste de compressão (tabela 3) e uma figura ilustrativa do procedimento (figura 6):

Tabela 3: Resultados do teste de compressão na espuma da marca South Coast Foam.

<b>Tipo de Espuma</b>	<b>Densidade</b>	<b>Compressão</b>
South Coast Mega Lite	33.0 kg/m <sup>3</sup>	180 kPa
South Coast Mega Lite Pro	31.0 kg/m <sup>3</sup>	151 kPa
South Coast Standard	38.1 kg/m <sup>3</sup>	234 kPa

Fonte: [www.southcoastfoam.com.au/downloads/technical-report-blanks.pdf](http://www.southcoastfoam.com.au/downloads/technical-report-blanks.pdf)



Figura 6: Teste de compressão.

Fonte: [www.southcoastfoam.com.au/downloads/technical-report-blanks.pdf](http://www.southcoastfoam.com.au/downloads/technical-report-blanks.pdf)

O método utilizado nos testes de compressão foi o ASTM D3574-C e sob as seguintes condições: tensão de compressão por 60 segundos e 50% de deformação.

São apresentados os valores obtidos no teste de flexibilidade na tabela 4 e uma ilustração do procedimento na figura 7:

Tabela 4: Resultados do teste de flexibilidade na espuma da marca South Coast Foam.

Tipo de Espuma	Flexibilidade		
	Carga Máxima	Carga de Ruptura	Deslocamento
South Coast Mega Lite	39 N	37 N	51 mm
South Coast Mega Lite Pro	36 N	35 N	56 mm
South Coast Standard	73 N	72 N	34 mm

Fonte: [www.southcoastfoam.com.au/downloads/technical-report-blanks.pdf](http://www.southcoastfoam.com.au/downloads/technical-report-blanks.pdf)

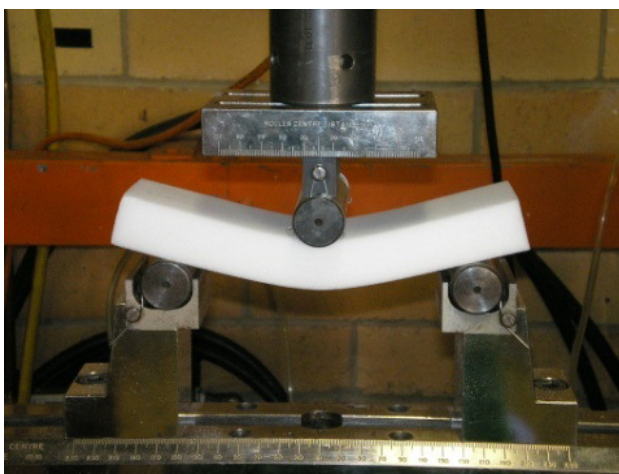


Figura 7: Teste de Flexibilidade.

Fonte: [www.southcoastfoam.com.au/downloads/technical-report-blanks.pdf](http://www.southcoastfoam.com.au/downloads/technical-report-blanks.pdf)

O método utilizado nos testes de flexibilidade foi o ASTM C393 com três pontos de carga. A carga aplicada na parte superior é registrada quando as duas cargas aplicadas na parte inferior se movem para cima a uma velocidade de 10 mm/min. O teste termina quando a amostra se rompe. São testadas três amostras por tipo de espuma. São registradas a carga máxima, a carga de ruptura e o deslocamento.

Em função dos ensaios mecânicos podemos verificar que entre os três tipos de espumas testados, a do tipo Mega Lite têm a melhor combinação de resistência e elasticidade para uma baixa densidade.



### 7.3 PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Segundo Santos (2005), a inclusão da variável ambiental nas ações de melhoria das operações é o que, no fundo, significa Produção mais Limpa, que tem sido incorporada pelas indústrias como uma forma de congregar vantagens econômicas com benefícios ao meio ambiente. A redução dos resíduos na fonte, minimizando os custos de produção é uma vantagem da atuação sobre os processos produtivos que propõem as medidas de P+L. Esta é uma ferramenta de interessante utilização prática destacada ainda mais pelo contraste com o alto custo operacional do tratamento e da gestão dos resíduos gerados pelas empresas.

Embora seja um conceito novo, a P+L trata, principalmente, de um tema bem conhecido das indústrias: a melhoria na eficiência dos processos. Em linhas gerais, o conceito de Produção mais Limpa pode ser resumido como uma série de estratégias, práticas e condutas econômicas, ambientais e técnicas, que evitam ou reduzem o uso de matérias-primas tóxicas, aumentam a eficiência no uso de matérias-primas, água ou energia, reduzem a geração de resíduos e efluentes e reusam os recursos.

As vantagens são significativas para todos os envolvidos, do indivíduo à sociedade, do país ao planeta. Mas é a empresa que obtém os maiores benefícios para o seu próprio negócio. Para ela, a P+L reverte em redução de custos de produção; aumento de eficiência e competitividade; diminuição dos riscos de acidentes ambientais; melhoria das condições de saúde e de segurança do trabalhador; melhoria da imagem da empresa junto a consumidores, fornecedores, poder público, mercado e comunidades; ampliação de suas perspectivas de atuação no mercado interno e externo; maior acesso a linhas de financiamento; melhoria do relacionamento com os órgãos ambientais e a sociedade, entre outros.

De acordo com o manual de Produção mais Limpa do Conselho Empresarial Brasileiro de Desenvolvimento Sustentável, a metodologia de P+L passa por determinadas etapas, apresentadas no quadro 1:

Quadro 1: Etapas da metodologia de P+L:

Tarefa 1	Comprometimento da direção da empresa
Tarefa 2	Apresentação da metodologia
Tarefa 3	Pré-avaliação
Tarefa 4	Elaboração dos fluxogramas
Tarefa 5	Tabelas quantitativas

Tarefa 6	Definição de indicadores
Tarefa 7	Avaliação dos dados coletados
Tarefa 8	Avaliação das causas de geração dos resíduos
Tarefa 9	Geração das opções de PmaisL
Tarefa 10	Avaliação técnica, ambiental e econômica
Tarefa 11	Seleção da opção
Tarefa 12	Implementação
Tarefa 13	Plano de monitoramento e continuidade

## 7.4 TRATAMENTO DE EFLUENTES

Toda a água, energia e matérias-primas que entram no processo industrial são transformadas no produto que vai ser vendido ou saem da empresa como resíduos sólidos, efluentes líquidos ou emissões atmosféricas, os quais devem ser tratados. Logo, quanto menos resíduos forem gerados, menores os custos de tratamento.

Após o esforço para otimizar o emprego de matérias primas, de modo a não gerar ou a minimizar a geração de resíduos, reduzindo os riscos ambientais para os seres vivos e trazendo benefícios econômicos para a empresa, chega-se ao final do processo, quando é necessário tratar os efluentes finais, com o objetivo de atender aos parâmetros definidos pelos órgãos ambientais. Pode-se dizer que chegamos ao “fim de tubo”.

De acordo com Grijó (2004), existe uma necessidade de se encapsular e reaproveitar o gás emitido na expansão do poliuretano, com o objetivo de viabilizar de forma sustentável o processo da reciclagem de poliadição mecânica e gerar recursos financeiros com a recuperação desta substância.

## 8. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foram feitas visitas técnicas a uma indústria de blocos de poliuretano para a produção de pranchas de surfe chamada Teccel Indústria e Comércio Ltda., localizada na cidade do Recife, estado de Pernambuco. Durante as visitas foi observado o processo industrial de forma a se elaborar um fluxograma com as entradas e saídas de materiais e energia. O responsável pelo empreendimento disponibilizou a este autor um relatório ambiental feito por consultores da “Novo Olhar - Consultoria em Sustentabilidade”, que ajudou no levantamento de informações da empresa. Com base no levantamento dos processos de produção e no documento

disponibilizado pela empresa foram propostas medidas de redução do consumo de matérias primas e de energia e eliminação do consumo de materiais tóxicos. Dessa forma foi desenvolvido um programa de Produção mais Limpa (P+L) na empresa parceira do projeto.

Paralelamente foi feita uma pesquisa na legislação municipal, estadual e federal procurando-se delimitar os padrões aceitáveis de efluentes. De acordo com os resultados da pesquisa foram estudadas as opções de tratamento de efluentes e resíduos gerados pela indústria, identificando o tipo de tratamento mais adequado.

As visitas técnicas à indústria parceira do projeto foram realizadas nos dias 30/09/2010 e 01/10/2010. O roteiro seguiu as orientações do manual do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável e foi simplificado para este trabalho:

1. Contato com o responsável pela empresa;
2. Reconhecimento de cada unidade do processo industrial; e
3. Coleta de informações junto ao setor de contabilidade da empresa, esclarecendo dúvidas a respeito das entradas no sistema produtivo.

A pesquisa dos padrões aceitáveis de efluentes e resíduos nas legislações municipais, estaduais e federais foi feita de acordo com a localização da indústria em estudo. Isto é devido à competência legislativa suplementar dos estados e municípios em matéria de proteção ao meio ambiente. A unidade fabril está localizada no município do Recife, estado de Pernambuco, Brasil.

A proposta de medidas de Produção mais Limpa seguiu as sugestões apresentadas no relatório ambiental da “Novo Olhar” e as observações “*in loco*”. Fez-se a avaliação das causas da geração de cada resíduo identificado e a avaliação técnica e ambiental de cada opção de P+L identificada. Por fim, foram levantadas as oportunidades de melhoria que resultassem nos maiores benefícios ambientais e econômicos.

A identificação das opções de tratamento de efluentes e resíduos foi feita através de pesquisa bibliográfica de acordo com a análise anterior das exigências de controle ambiental delimitadas pela legislação cabível.

## **9. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **9.1 PROCESSO INDUSTRIAL**

O quadro 2 foi preenchido com informações sobre a empresa, conforme sugerido no manual de P+L do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável:

Quadro 2: Informações sobre a empresa.

NOME DA EMPRESA	Teccel Indústria e Comércio Ltda.
LOCALIZAÇÃO	Avenida Recife, 2273A Bairro: IPSEP Cidade: Recife Estado: Pernambuco
NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS	50, divididos em três turnos
MERCADO DE ATUAÇÃO: INTERNO/EXPORTAÇÃO	90% interno e 10% exportação
RESPONSÁVEL	Antônio Fernando Câmara dos Santos
E-MAIL	fernando@surfteccell.com.br

Foi verificado que a empresa possui a renovação da licença ambiental de operação que permite o desempenho de sua atividade. Esta licença recebe o número 05.09.10.012102-3 e foi concedida pelo órgão ambiental do Estado de Pernambuco – CPRH. Foi observado que a licença era válida até o dia 02/10/2010, um dia após a visita deste autor ao empreendimento.

Foram conhecidas as áreas interna e externa da empresa. Foi feito um layout destas áreas, conforme a figura 8:

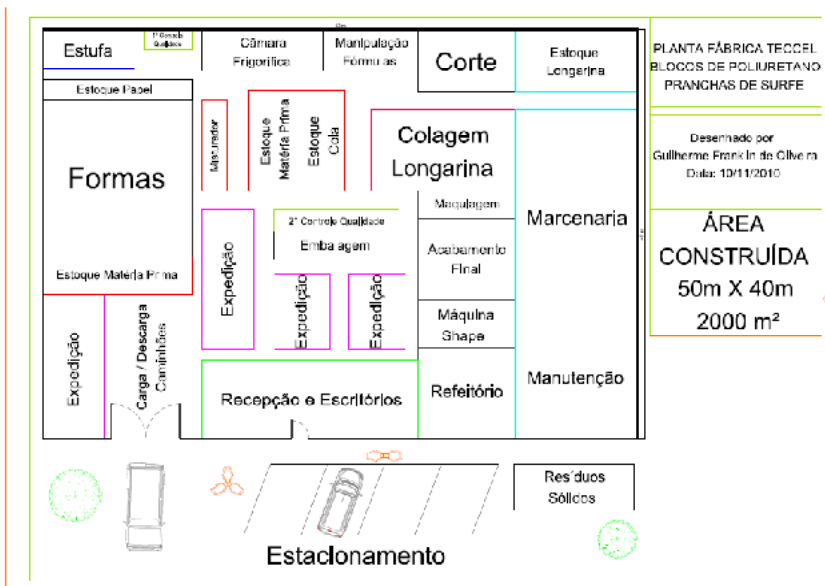
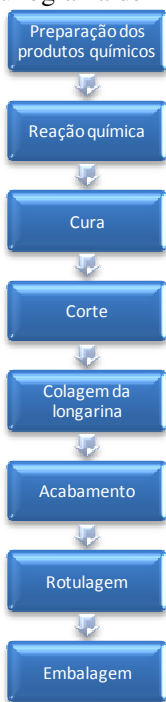


Figura 8: Layout interno e externo da fábrica. Fonte: Desenhado pelo autor.

Ao se fazer o levantamento dos processos industriais na fábrica de blocos de poliuretano foi possível conhecer em detalhes o processo produtivo, assim como as suas entradas e saídas. Deste levantamento resultaram os fluxogramas do processo industrial.

Foi feito o Fluxograma de Processo Linear, conforme o esquema 1:

Esquema 1: Fluxograma de Processo Linear.



Foi feito o Fluxograma Qualitativo Global, conforme o esquema 2. Para prepará-lo, foi utilizado o diagrama que representa toda a empresa e relacionado às principais matérias-primas consumidas, que são as entradas, os principais produtos e os resíduos gerados, que são as saídas.

Esquema 2: Fluxograma Qualitativo Global.

## FLUXOGRAMA QUALITATIVO GLOBAL



Fez-se o Fluxograma Qualitativo Intermediário. Para fazê-lo foram relacionadas as macro-atividades de cada setor, registrando as matérias-primas utilizadas em cada atividade e os resíduos gerados em decorrência de cada uma, conforme o esquema 3:

Esquema 3: Fluxograma Qualitativo Intermediário.

# FLUXOGRAMA QUALITATIVO INTERMEDIÁRIO





De modo a facilitar a visualização de cada etapa do processo produtivo, foram organizadas imagens, apresentadas seguindo a ordem do fluxograma qualitativo intermediário. Algumas etapas não puderam ser fotografadas. A figura 9 indica o local onde caminhões e caminhonetes entram para carregar e descarregar todo tipo de material. As fotos 9 a 34 foram todas feitas pelo autor deste trabalho.



Figura 9: Carga e descarga de todo tipo de materiais por caminhões e caminhonetes.

Após a descarga dos caminhões e caminhonetes, as matérias primas são armazenadas na área mostrada pela figura 10:



Figura 10: Armazenagem de produtos químicos dentro da fábrica.

Após a armazenagem, as matérias primas são fracionadas, sendo passadas dos tambores para recipientes menores no local indicado pelas figuras 11 e 12:



Figura 11: Local de fracionamento das matérias primas.



Figura 12: Local onde são fracionados os produtos químicos.

Depois de serem fracionadas, as matérias primas são preparadas com as medidas de cada tipo de produto químico, pesadas em balança eletrônica, para a produção de uma unidade de bloco de poliuretano. A figura 13 mostra a área onde é feito o preparo e a pesagem:



Figura 13: Área de preparo e pesagem dos produtos químicos.

Os produtos químicos são colocados em uma câmara frigorífica, de forma a não reagirem, conforme ilustram as figuras 14 e 15:



Figuras 14 e 15: Armazenamento de produtos químicos na câmara frigorífica.

Enquanto os moldes são aquecidos internamente pela água de recirculação, é feita a forração dos mesmos com papel kraft. A figura 16 apresenta o local de armazenamento do papel kraft:



Figura 16: Armazenamento de papel kraft para forração dos moldes.

Depois de forrados, os moldes estão prontos para receber os produtos químicos. Após a colocação dos produtos químicos com ajuda de uma espátula, é posta uma camada de papel crepe que facilita a desmoldagem. As figuras 17 e 18 mostram os moldes onde ocorre a expansão:



Figura 17: Moldes para expansão do poliuretano.



Figura 18: Detalhe do molde para expansão de PU.

A figura 19 indica a área de armazenagem do papel crepe usado para facilitar a desmoldagem:



Figura 19: Armazenagem de papel crepe para desmoldagem.

Após a expansão, os moldes são abertos e é feita a desmoldagem. O primeiro controle de qualidade verifica se os blocos de poliuretano estão de acordo com as exigências dos clientes. Caso não estejam dentro

dos padrões, os blocos são cortados em pedaços e descartados. Caso os blocos estejam bons são marcados e colocados na estufa para acelerar o processo de cura. A figura 20 ilustra o 1º controle de qualidade.



Figura 20: Primeiro controle de qualidade.

As figuras 21 e 22 mostram a estufa para a cura dos blocos:



Figura 21: Estufa para cura dos blocos de poliuretano.





Figura 22: Detalhe de dentro da estufa para cura dos blocos de PU.

A próxima etapa do processo produtivo é o corte dos blocos de PU. Esta imagem não está disponível. O corte é feito no meio do bloco, dividindo-o em duas partes iguais. O equipamento usado é uma serra elétrica, produzida pela própria fábrica em estudo.

Na seguinte etapa de produção, uma longarina de madeira caxeta é colada entre os dois pedaços de bloco, aumentando a resistência mecânica do produto. Nas figuras 23, 24 e 25 são mostradas uma das áreas de armazenagem das longarinas de madeira, uma das partes da cola utilizada no processo e o local onde as metades do bloco são coladas com a longarina, respectivamente.





Figura 23: Armazenagem de longarina de madeira caxeta.



Figura 24: Tambor que contém a PARTE A das duas partes da cola usada na colagem da longarina.



Figura 25: Local de colagem da longarina no bloco.

Depois de colada a longarina de madeira é feito o acabamento. Cada bloco é lixado para retirar as sobras de cola e madeira. A figura 26 apresenta a sala onde é feito o acabamento:



Figura 26: Sala de acabamento dos blocos de PU.

Quando o bloco recebeu acabamento ele está pronto para a maquiagem. Nesta etapa o produto é carimbado com o símbolo da empresa, além de outras informações. A figura 27 mostra as tintas à base d'água e as telas silkscreen, utilizadas para a maquiagem dos blocos.



Figura 27: Tintas e telas usadas na maquiagem dos blocos de PU.

O passo seguinte é o 2º controle de qualidade, quando se verifica se o produto está dentro das exigências. Se aprovado, o bloco de prancha é embalado. O setor onde é feita a embalagem é indicado pela figura 28:



Figura 28: Setor onde os blocos de pranchas são embalados.

Depois de embalados os blocos de pranchas seguem para a expedição, aonde aguardam para serem enviados aos clientes. As figuras 29 e 30 ilustram a expedição dos produtos:



Figura 29: Expedição dos blocos de poliuretano.



Figura 30: Blocos de poliuretano na expedição.

Os setores de apoio ao processo industrial são apresentados com figuras a partir de agora. Entre eles está a sala de *shape*, onde alguns blocos são trabalhados por uma “máquina lixadeira” (fotos não disponíveis), a marcenaria, a manutenção, o refeitório e o escritório (fotos não disponíveis). A marcenaria, a manutenção e o refeitório são mostrados nas figuras 31, 32 e 33:



Figura 31: Marcenaria da fábrica de blocos de poliuretano.



Figura 32: Setor de manutenção da fábrica de blocos de poliuretano.



Figura 33: Refeitório da fábrica de blocos de poliuretano.

Foram obtidos dados e informações registrados no relatório ambiental feito por consultores externos à empresa e no requerimento para renovação do licenciamento ambiental de operação, concedido pela Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Pernambuco. As informações recolhidas foram o consumo de matéria prima, de água, de energia, geração de blocos de poliuretano e de resíduos sólidos. A tabela 5 apresenta os valores encontrados, considerando um ano como base de cálculo:

Tabela 5: Consumo de matéria prima, de água, de energia, geração de blocos de poliuretano e de resíduos sólidos.

Item	Média mensal	Unidade	Média anual
Produtos químicos	11.500	kg	138.000
Papel	2.760	kg	33.120
Madeira	920	kg	11.040
Água	56	m <sup>3</sup>	672
Luz (consumo da rede)	7.000	kwh	84.000
Gás	378	litros	4.536
Blocos de PU	4.600	peças	55.200
Resíduos sólidos	760	Kg	9.120

Os resíduos sólidos gerados pela fábrica e explicitados no formulário de renovação da licença de operação estão apresentados na tabela 6:

Tabela 6: Resíduos sólidos gerados pela fábrica.

Tipo de Resíduos Gerados	Quantidade por mês	Quantidade por ano
Resíduos de poliuretano	400 kg	4.800 kg
Resíduos de madeira	200 kg	2.400 kg
Resíduos de papel e papelão	Não disponível	Não disponível
Restos de alimentos	100 kg	1.200 kg
Total	760 kg	9.120 kg

A quantidade anual estimada de produção de blocos de poliuretano, descrita no requerimento para a licença ambiental é de 30.000 peças e a capacidade máxima anual de 60.000 peças. Foi adotado o valor de 55.200 peças produzidas anualmente, considerando a produção de 200 peças por dia, durante 23 dias no mês e 12 meses por ano, conforme informações disponibilizadas pelo responsável da empresa.

O parâmetro escolhido para ser acompanhado é a quantidade de resíduos de poliuretano gerados pela quantidade de matéria prima empregada ao ano. Assim, o indicador ambiental global fica:

$$\frac{\text{Resíduos de Poliuretano (kg)}}{\text{Consumo de Produtos químicos (kg)}} = \frac{4800 \text{ kg}}{138000 \text{ kg}} = 0,0348 \cong 3,5 \%$$

Este parâmetro indica que existe um desperdício significativo do produto bloco de poliuretano expandido. Cerca de 3,5% da quantidade de matéria prima é transformada em resíduo sólido, tendo que ser adequadamente destinado, gerando custos desnecessários para a empresa e risco de multa pelo órgão ambiental.

## 9.2 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

A pesquisa da legislação pertinente à indústria de blocos de PU teve como resultado o quadro 3, apresentando as leis que devem ser seguidas pela empresa e as normas técnicas, de uso opcional. Caso a indústria se adéque às leis em vigor, podem-se reduzir as infrações aos padrões ambientais e melhorar o relacionamento com os órgãos competentes.

Quadro 3: Legislação pertinente à fabrica de blocos de poliuretano.

<p><b>Lâmpadas fluorescentes e resíduos contaminados</b></p>	<p><b>ABNT NBR 10004:2004:</b> Resíduos sólidos – Classificação</p> <p><b>ABNT NBR 12235:1992:</b> Armazenamento de resíduos sólidos perigosos - Procedimento</p>	<p><b>Resolução CONAMA nº 358/2005</b> - "Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências."</p> <p><b>Lei Estadual Pernambuco nº 12.008/2001</b> – “Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências.”</p> <p><b>Decreto Estadual Pernambuco nº 23.941/2002</b> – “Regulamenta a Lei nº 12.008/2001, que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências.”</p> <p><b>Lei Municipal Recife nº 16.243/96</b> – “Estabelece a política do meio ambiente da Cidade do Recife e consolida a sua legislação ambiental, mediante a instituição do Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico da Cidade do Recife.”</p>
<p><b>Transporte de cargas perigosas</b></p>	<p><b>ABNT 7500:2009 Versão Corrigida 2009:</b> Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos perigosos</p>	<p><b>Decreto-Lei nº 2.063/1983</b> – “Dispõe sobre multas a serem aplicadas por infrações à regulamentação para a execução dos serviços de transporte rodoviário de cargas ou produtos perigosos e dá outras providências.”</p> <p><b>Decreto nº 96.044/1988</b> – “Aprova o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e dá outras providências.”</p> <p><b>Decreto nº 4.097/2002</b> – “Altera a redação dos arts. 7º e 19 dos Regulamentos para os transportes rodoviário e ferroviário de produtos perigosos, aprovados pelos Decretos nos 96.044, de</p>



		<p>18/5/88, e 98.973, de 21/2/90, respectivamente.”</p> <p><b>Portaria MT nº 349/2002</b> – “Aprova as Instruções para a Fiscalização do Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos no Âmbito Nacional.”</p> <p><b>Resolução nº 701/2004</b> – “Altera a Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, que aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos e seu anexo.”</p> <p><b>Resolução nº 1644/2006</b> – “Altera o Anexo à Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, que aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos.”</p> <p><b>Resolução nº 2657/2008</b> – “Altera o Anexo à Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, que aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos.”</p> <p><b>Resolução nº 2975/2008</b> – “Altera o Anexo à Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, que aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos.”</p> <p><b>Resolução nº 3383/2010</b> – “Altera o Anexo à Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, que aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos.”</p> <p><b>Lei Municipal Recife nº 16.243/96</b> – “Estabelece a política do meio ambiente da Cidade do Recife e consolida a sua legislação ambiental,</p>
--	--	--

**ABNT 7503:2008**  
**Versão Corrigida 2**  
**2009:** Transporte terrestre de produtos perigosos - Ficha de emergência e envelope - características, dimensões e preenchimento

		mediante a instituição do Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico da Cidade do Recife.”
<b>Ruído</b>	<p><b>ABNT NBR 10151:2000 Versão Corrigida 2003:</b> Acústica - Avaliação do <b>ruído</b> em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento</p> <p><b>ABNT NBR 10152:1987 Versão Corrigida 1992:</b> Níveis de <b>ruído</b> para conforto acústico - Procedimento</p>	<p><b>Resolução CONAMA nº 001/1990</b> - "Dispõe sobre critérios e padrões de emissão de ruídos, das atividades industriais."</p> <p><b>Lei Municipal Recife nº 16.243/96</b> – “Estabelece a política do meio ambiente da Cidade do Recife e consolida a sua legislação ambiental, mediante a instituição do Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico da Cidade do Recife.”</p>
<b>Embalagens dos produtos químicos</b>	<p><b>ABNT NBR 10004:2004:</b> Resíduos sólidos – Classificação</p> <p><b>ABNT NBR 12235:1992:</b> Armazenamento de resíduos sólidos perigosos – Procedimento</p> <p><b>ABNT NBR 14725-1:2009 Versão Corrigida:2010:</b> Produtos químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Parte 1: Terminologia</p>	<p><b>Resolução CONAMA nº 358/2005</b> - "Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências."</p> <p><b>Lei Estadual Pernambuco nº 12.008/2001</b> – “Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências.”</p> <p><b>Decreto Estadual Pernambuco nº 23.941/2002</b> – “Regulamenta a Lei nº 12.008/2001, que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências.”</p> <p><b>Lei Municipal Recife nº 16.243/96</b> – “Estabelece a política do meio ambiente da Cidade do Recife e consolida a sua legislação ambiental, mediante a instituição do Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico da Cidade do Recife.”</p>

<b>Ar condicionado</b>	<p><b>ABNT NBR 13971:1997:</b> Sistemas de refrigeração, condicionamento de ar e ventilação - Manutenção programada</p> <p><b>ABNT NBR 15848:2010:</b> Sistemas de ar condicionado e ventilação – Procedimentos e requisitos relativos às atividades de construção, reformas, operação e manutenção das instalações que afetam a qualidade do ar interior (QAI)</p>	<p><b>Resolução CONAMA nº 267/2000</b> – “Dispõe sobre a proibição da utilização de substâncias que destroem a Camada de Ozônio.”</p> <p><b>Resolução CONAMA nº 340/2003</b> – “Dispõe sobre a utilização de cilindros para o envasamento de gases que destroem a Camada de Ozônio, e dá outras providências.”</p>
<b>Energia elétrica e GLP</b>	<p><b>ABNT NBR 12178:1992:</b> Emprego de dispositivos de segurança nos recipientes transportáveis para gases liquefeitos de petróleo (GLP) – Procedimento</p> <p><b>ABNT NBR 15514:2007 Versão Corrigida 2008:</b> Área de armazenamento de recipientes transportáveis de gás liquefeito de petróleo (GLP), destinados ou não à comercialização - Critérios de segurança</p>	<p><b>Lei Federal nº 6.938/1981</b> – “Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.”</p> <p><b>Lei Federal nº 9.795/1999</b> – “Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.”</p> <p><b>Lei Municipal Recife nº 16.243/96</b> – “Estabelece a política do meio ambiente da Cidade do Recife e consolida a sua legislação ambiental, mediante a instituição do Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico da Cidade do Recife.”</p>
<b>Papel, papelão, plásticos, metais e vidros</b>	<p><b>ABNT NBR 10004:2004:</b> Resíduos sólidos – Classificação</p>	<p><b>Resolução CONAMA nº 275/2001</b> - "Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva."</p> <p><b>Lei Estadual Pernambuco nº 12.008/2001</b> – “Dispõe sobre a</p>

	<p><b>ABNT NBR 13230:2008:</b> Embalagens e acondicionamento plásticos recicláveis - Identificação e simbologia</p>	<p>Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências.”</p> <p><b>Decreto Estadual Pernambuco nº 23.941/2002</b> – “Regulamenta a Lei nº 12.008/2001, que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências.”</p> <p><b>Lei Estadual Pernambuco nº 13.047/2006</b> – “Dispõe sobre a obrigatoriedade da implantação da coleta seletiva de lixo nos condomínios residenciais e comerciais, nos estabelecimentos comerciais e industriais e órgãos públicos federais, estaduais e municipais no âmbito do Estado de Pernambuco, e dá outras providências.”</p> <p><b>Lei Municipal Recife nº 16.243/96</b> – “Estabelece a política do meio ambiente da Cidade do Recife e consolida a sua legislação ambiental, mediante a instituição do Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico da Cidade do Recife.”</p>
--	---	---

### 9.3 PRODUÇÃO MAIS LIMPA – MEDIDAS DE P+L

Baseado nas informações obtidas durante as visitas técnicas, nos documentos disponibilizados pelo proprietário da empresa e na pesquisa da legislação aplicável, foi proposto um elenco de medidas de P+L aplicáveis a indústria de blocos de poliuretano. Caso a fábrica siga as sugestões aqui dispostas, torna-se possível a redução do consumo de matérias primas, de energia e dos custos da produção, reduzindo o consumo de materiais tóxicos, melhorando o desempenho ambiental, a imagem e a relação da empresa perante os consumidores.

Segue o elenco de medidas de P+L:

- \* Armazenar e manusear os produtos químicos de forma adequada no galpão industrial, em local com identificação, afastado das estruturas da edificação e com a devida “Ficha de Informações de Segurança do Produto Químico – FISPQ”;

- \* Exigir do fabricante o boletim técnico dos produtos químicos;
- \* Monitorar todos os agentes químicos presentes no ambiente de trabalho e controlar a emissão de gases tóxicos ao longo do processo produtivo;
- \* Criar procedimentos preventivos e ações corretivas para casos de derramamentos acidentais;
- \* Captar e tratar a água utilizada para limpeza dos resíduos gerados pelo processo de produção;
- \* Armazenar os resíduos sólidos em área adequadamente identificada e sinalizada, com os devidos equipamentos de combate a incêndio;
- \* Treinar os funcionários para tornar eficaz o processo de separação dos resíduos sólidos, para posterior coleta seletiva;
- \* Criar parcerias para soluções de reuso e reciclagem de resíduos a fim de reaproveitá-los, transformando-os em insumos para novos produtos;
- \* Redefinir o layout, otimizando o processo produtivo, minimizando as perdas de tempo e energia relativas aos deslocamentos ineficazes de materiais;
- \* Estabelecer métodos para o monitoramento dos processos, a fim de minimizar as perdas durante a operacionalização, atendendo às especificações técnicas e aos requisitos dos clientes;
- \* Melhorar as condições ambientais das instalações internas da fábrica quanto à ventilação, umidade, luminosidade e ergonomia;
- \* Viabilizar treinamentos e palestras para os funcionários, assegurando as competências necessárias para o desenvolvimento das atividades e obtendo uma equipe mais comprometida com as ações da empresa;
- \* Promover palestras de sensibilização sobre meio ambiente para os colaboradores da empresa;
- \* Estabelecer um programa de redução do consumo de energia elétrica e de GLP;
- \* Sinalizar e desobstruir as saídas de emergência e os locais destinados aos extintores de incêndio, conforme a Norma Regulamentadora - NR 23.

## **9.4 TRATAMENTO ADEQUADO DE EFLUENTES E RESÍDUOS**

O processo produtivo levantado na indústria parceira deste projeto indica diversos resíduos sólidos de elevado potencial de contaminação ambiental. Os recipientes que armazenaram os produtos químicos, os pedaços e o pó de poliuretano, os EPI's e os metais contaminados, as lâmpadas fluorescentes usadas, todos são exemplos de materiais que devem ser adequadamente tratados e dispostos, caso não haja opção de reuso ou reciclagem. Os efluentes gasosos, como o diisocianato de tolueno volatilizado e o gás carbônico são impactantes ao ambiente. De acordo com a FISPQ do fabricante, na atmosfera, o TDI degrada-se por reação com radicais hidroxila, com uma semi-vida de 2,2 dias. Parte do gás carbônico liberado na reação de expansão do poliuretano é absorvido pela camada de papel utilizada como desmoldante, conforme relatório dos consultores em sustentabilidade, e outra parte é liberada para a atmosfera. O único efluente líquido resultante do processo produtivo é a água utilizada para aquecimento dos moldes. Este efluente apresenta turbidez e cor, por ser rico em óxidos de ferro, devido à oxidação nas tubulações interiores aos moldes e por ser reutilizada diversas vezes. Em paralelo ao processo produtivo há geração de efluentes sanitários.

Os tambores vazios que armazenaram produtos químicos podem ser recuperados por descontaminação e reutilizados por empresas credenciadas. A FISPQ do produto que foi armazenado no tambor deve ser enviada para a empresa recuperadora, verificando se a mesma está pronta para tratar aquele resíduo específico. Pode-se negociar com o fornecedor de matérias primas para que aceite a devolução dos tambores. Esta opção não é viável para o caso das matérias primas importadas da Austrália. Caso não haja empresa disponível que reutilize os tambores deve-se providenciar a disposição final destes resíduos que não podem ser descartados em aterros sanitários. Devem ser descontaminados e descartados em aterros industriais classe I, como resíduos perigosos. É importante que o transporte dos tambores para o descarte final seja feito por empresa licenciada. Os EPI's contaminados, assim como os metais e plásticos contaminados e as lâmpadas fluorescentes inutilizáveis que não podem ser recicladas também devem ser encaminhados para aterros industriais classe I. O mesmo deve acontecer com os pedaços e o pó de poliuretano gerado na fábrica. Papel, papelão, plástico, metal e vidro devem ser separados e destinados para coleta seletiva, para posterior reciclagem.

O efluente gasoso TDI livre deve ser monitorado dentro das instalações industriais. O nível de TDI livre aceito pela NR 15 brasileira é de 0,016 ppm (partes por milhão), ou 0,11 mg/m<sup>3</sup>. Caso as medições feitas dentro da fábrica indiquem um nível acima do permitido deve-se providenciar medidas de controle. Além do uso de equipamentos de proteção individual é recomendável a adoção de um sistema de exaustão eficaz, uma medida de proteção coletiva.

Os efluentes líquidos gerados pela indústria devem ser destinados ao sistema de coleta de esgoto sanitário público. A água usada para o aquecimento dos moldes deve ser analisada laboratorialmente, monitorando-se as concentrações de metais dissolvidos e em suspensão. Caso ultrapasse os limites de tolerância deve ser feito tratamento por filtração de ferro antes de ser levado à rede de esgotamento sanitário.

Um resumo dos resíduos sólidos, dos efluentes líquidos e seus destinos adequados é apresentado na tabela 7:

Tabela 7: Os resíduos e efluentes líquidos da indústria de PU e seus respectivos destinos mais adequados.

Resíduos e efluentes líquidos	Destinação adequada
Tambores dos produtos químicos	Descontaminação e reutilização por empresa licenciada, ou disposição em aterro industrial classe I
Materiais contaminados	Disposição em aterro industrial classe I
Lâmpadas fluorescentes	Descontaminação e reciclagem por empresa licenciada, ou disposição em aterro industrial classe I
Pedaços e pó de poliuretano	Disposição em aterro industrial classe I
Papel, papelão, plástico, metal e vidro	Coleta seletiva para reciclagem
Efluentes de aquecimento dos moldes	Filtração de ferro e destinação à rede pública de esgoto
Efluentes sanitários	Rede coletora de esgotamento sanitário

## 10. CONCLUSÕES

Controlar ambientalmente uma indústria de blocos de poliuretano exige o conhecimento do seu processo de produção, o que por sua vez permite a visualização dos materiais e energia necessários e os resíduos e efluentes gerados, as entradas e saídas desse processo.

A variável ambiental tem sido incorporada pelas indústrias nas ações de melhoria das operações, como uma forma de congregar vantagens econômicas com benefícios ao meio ambiente. As sugestões mais importantes de medidas de Produção Mais Limpa para a indústria parceira do projeto estão no armazenamento e manuseio dos produtos químicos de forma adequada dentro do galpão industrial, em local com identificação, afastado das estruturas da edificação e com a devida “Ficha de Informações de Segurança do Produto Químico – FISPQ”. A criação de parcerias para soluções de reuso e reciclagem de resíduos a fim de reaproveitá-los, transformando-os em insumos para novos produtos. E o monitoramento de todos os agentes químicos presentes no ambiente de trabalho, além do controle da emissão de gases tóxicos ao longo do processo produtivo. A figura 34 ilustra muito bem a situação delicada em que se encontra o depósito industrial:



Figura 34: Depósito de produtos químicos no galpão industrial.

Os resíduos que não podem ser reutilizados ou reciclados necessitam ser adequadamente descartados para não gerarem passivos ambientais. Os tambores utilizados no transporte e produtos químicos devem ser destinados a um aterro industrial



classe I. O mesmo deve ser feito com os outros resíduos considerados perigosos, como os materiais contaminados, as lâmpadas fluorescentes e até mesmo os restos de poliuretano. É muito importante que se procure meios de reutilizar ou reciclar estes resíduos. Caso isto não seja viável, a opção da disposição em aterro industrial é a mais adequada. Finalmente o TDI livre deve ser monitorado e caso ultrapasse os limites permitidos pela legislação, a empresa deve implantar um sistema de exaustão eficaz, além de exigir o uso dos equipamentos de proteção individual.

## 11. BIBLIOGRAFIA

BAIRD, C. **Química Ambiental**, 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável – **Guia da Produção mais Limpa Faça Você Mesmo**. Rede de Produção Mais Limpa.

DIAMOND, J. - **Colapso**, Tradução de Alexandre Raposo, 5ª Ed. Rio de Janeiro: Record, 2007.

GRIJÓ, Paulo Eduardo Antunes. **Alternativas de Recuperação dos Resíduos Sólidos Gerados na Produção de Pranchas de Surfe**. Florianópolis, SC, 2004. 138 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC, 2004.

MANO, Eloísa. **Polímeros como materiais de engenharia**. Rio de Janeiro: Edgar Blücher, 2000.

MANO, Eloísa; MENDES Luis Cláudio. **Introdução a polímeros**. Rio de Janeiro: Edgar Blücher, 1997.

SANTOS, Mateus Sales dos. **Cervejas e refrigerantes** (Série P +L) - São Paulo: CETESB, 2005. 58 p.

SHREVE R. NORRIS et all. **Indústria de processos químicos**. 4ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.

VILAR, Walter Dias. **Química e tecnologia de poliuretanos**. Rio de Janeiro: Vilar Consultoria, 1999.

[www.southcoastfoam.com.au/downloads/technical-report-blanks.pdf](http://www.southcoastfoam.com.au/downloads/technical-report-blanks.pdf), acessado em 14/06/2010.

[www.prowall.com/surf\\_blanks.htm](http://www.prowall.com/surf_blanks.htm), acessado em 14/06/2010.